

# Recovery of heat from combustion gases - method involves injecting solids into the gas, followed by sepn, cooling in a fluid bed and reinjection

**Patent Assignee:** FOSTER WHEELER ENERGIA OY; AHLSTROEM CORP A; AHLSTROEM OY A

**Inventors:** MYOEHAENEN K; WESTERLUND K; MYOHANEN K

## Patent Family

| Patent Number | Kind | Date     | Application Number | Kind | Date     | Week   | Type |
|---------------|------|----------|--------------------|------|----------|--------|------|
| EP 630684     | A1   | 19941228 | EP 94109724        | A    | 19940623 | 199505 | B    |
| JP 7136494    | A    | 19950530 | JP 94141873        | A    | 19940623 | 199530 |      |
| US 5634516    | A    | 19970603 | US 94264047        | A    | 19940622 | 199728 |      |
|               |      |          | US 95569858        | A    | 19951208 |        |      |
| EP 630684     | B1   | 19990317 | EP 94109724        | A    | 19940623 | 199915 |      |
| DE 69417103   | E    | 19990422 | DE 617103          | A    | 19940623 | 199922 |      |
|               |      |          | EP 94109724        | A    | 19940623 |        |      |

**Priority Applications (Number Kind Date):** FI 941543 A ( 19940331); FI 932923 A ( 19930623)

**Cited Patents:** EP 282777 ; EP 94795 ; FI 913416; GB 96914

## Patent Details

| Patent   | Kind | Language | Page | Main IPC    | Filing Notes                    |
|--|------|----------|------|-------------|---------------------------------|
| EP 630684  | A1   | E        | 11   | B01J-008/38 |                                 |
| Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL PT SE |      |          |      |             |                                 |
| JP 7136494   | A    |          | 8    | B01J-008/24 |                                 |
| US 5634516   | A    |          | 9    | F28D-013/00 | Cont of application US 94264047 |
| EP 630684  | B1   | E        |      | B01J-008/38 |                                 |
| Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL PT SE |      |          |      |             |                                 |
| DE 69417103  | E    |          |      | B01J-008/38 | Based on patent EP 630684       |

## Abstract:

EP 630684 A

Hot gas is cooled by a method involving the injection of solid particles into it, followed by sepn. of the particles and their cooling in a bubbling fluid bed, from which they are reinjected into the gas flow.

The method involves a reactor (10) (fig.1) in which a hot gas inlet feeds gas into a mixing chamber (12) which is surrounded by a fluidised bed (11) of solids. The gas/solid mixt. flows up a riser (14) and into particle separators (17) surrounding it, where the solids are removed; cooled gas leaves via an upper outlet (18) while the solids flow down a return duct (21) back into the fluid bed. Feeding devices (28) control the reinjection of the solids back into the hot gas flow.

Some solids are removed quickly from the gas in a preseparator chamber (30) located immediately above the mixing chamber heat exchange surfaces (26,27) remove heat from the solids in the return duct and the bubbling fluid bed. A fluid bed should also be maintained in the mixing chamber, controlled at a lower temp. than that of the hot gas feed by

injecting cooled solids from the main fluid bed.

Heat transfer surfaces (15) may also be incorporated into the walls of the riser and/or the walls (13) of the mixing chamber.

USE - Fluid bed reactor for cooling hot gases (esp. combustion gases) contg. molten or solid particles.

ADVANTAGE - Appts. has reduced gas-side pressure drop since only a small fluid bed is required in the mixing chamber gives efficient heat recovery from hot gas, with reduced erosion and corrosion of heat transfer surfaces. Gives fast and efficient cooling of gas.

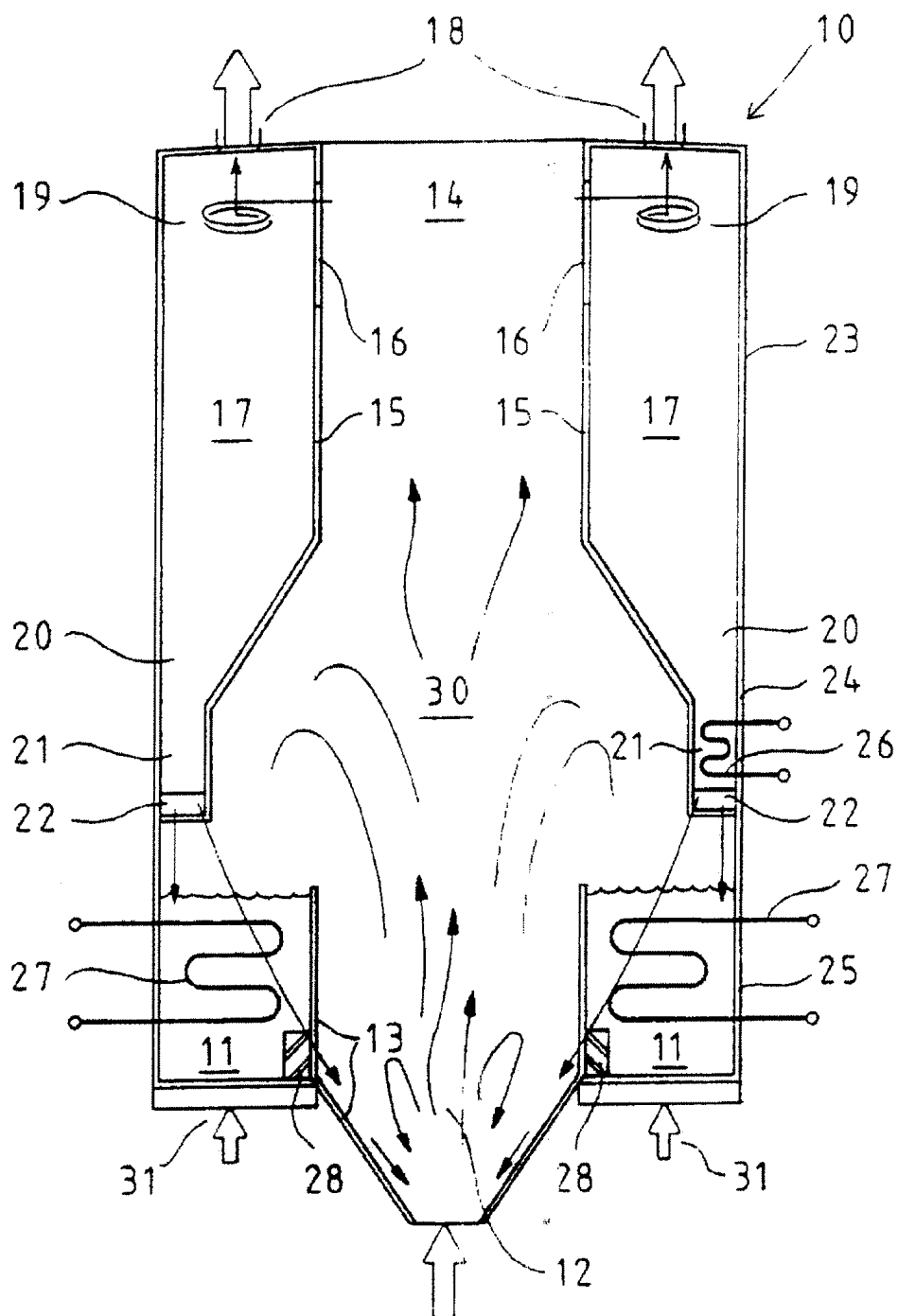
Dwg.1/3

US 5634516 A

A method of cooling hot gas in a reactor has lower and upper sections, and having an inlet duct, a fluidized bed, and a mixing chamber in the lower section of the reactor. The mixing chamber has wall surfaces and disposed above the inlet duct, a riser from the mixing chamber, a gas outlet in the upper section of the reactor, and a particle separator in communication with the upper section of the reactor.

The method comprises: (a) introducing hot gas at a first temperature into the mixing chamber through the inlet duct, the gas flowing upwardly through the mixing chamber where it comes into contact with and entrains cooling particles, and then flows into the riser; (b) separating particles from gas in the separator, returning the separated particles toward the fluidized bed, and discharging the hot gases from the separator; (c) introducing some returning particles from step (b) directly into the mixing chamber and others into the fluidized bed; (d) cooling the particles in, or prior to return to, or both in and prior to return to, the fluidized bed; and (e) introducing some cooled particles from the fluidized bed into the mixing chamber so that the cooled particles flow along the wall surfaces of the mixing chamber so as to contact and mix with the hot gas introduced in step (a) and effect cooling of it, lowering the temperature of the hot gas so that when it is discharged from the separator in step (b) it is at a second temperature lower than the first temperature.

Dwg.1/3



Derwent World Patents Index

© 2005 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 10130176



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

97 EP 0 630 684 B 1

10 DE 694 17 103 T 2

51 Int. Cl.<sup>6</sup>;  
**B 01 J 8/38**  
F 28 D 13/00  
F 22 B 31/00  
F 28 C 3/16

21 Deutsches Aktenzeichen: 694 17 103.4  
85 Europäisches Aktenzeichen: 94 109 724.8  
86 Europäischer Anmeldetag: 23. 6. 94  
87 Erstveröffentlichung durch das EPA: 28. 12. 94  
87 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 17. 3. 99  
47 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 16. 9. 99

30 Unionspriorität:

932923 23. 06. 93 FI  
941543 31. 03. 94 FI

73 Patentinhaber:

Foster Wheeler Energia Oy, Helsinki, FI

74 Vertreter:

HOFFMANN · EITLE, 81925 München

84 Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, IT, LI, NL, PT, SE

72 Erfinder:

Myöhänen, Kari, SF-48600 Karhula, FI; Westerlund,  
Kim, SF-00430 Helsinfors, FI; Westerlund, Kurt,  
SF-00150 Helsinki, FI

54 Verfahren und Vorrichtung zur Behandlung oder zur Verwendung eines Heissgasstromes

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 694 17 103 T 2

DE 694 17 103 T 2

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abkühlung oder Nutzung von Heißgas in einem Reaktor, der mit einem Heißgaseinlaß und einer, eine Wirbelschicht einschließenden Kammer im unteren Bereich des Reaktors, einem Steigrohr und einem Gasabzug im oberen Bereich des Reaktors versehen ist. Des weiteren bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren, bei welchem Feststoffpartikel aus einem Feststoffpartikel enthaltenden abgekühlten Gas abgeschieden werden, und diese abgeschiedenen Feststoffpartikel zwecks Rückgewinnung von Wärme daraus dem unteren Bereich des Reaktors rückgeführt werden, und das abgekühlte Gas über den Gasabzug aus dem Reaktor abgezogen wird.

Wirbelschichtreaktoren lassen sich gut auf die Abkühlung von Heißgasen anwenden, die geschmolzene und/oder verdampfte Bestandteile und/oder teerartige Partikel enthalten. Gaskühler sind z.B. zur Abkühlung von Abgasen aus Industrieanlagen und zur Trockenreinigung von Staub und Teer und andere kondensierende Bestandteile enthaltenden Gasen geeignet, welche Gase bei partieller Oxidation von Biomasse, Torf oder Kohle entstanden sind. Die in den Reaktor eingeführten Heißgase werden wirksam durch Vermischung von Feststoffpartikeln damit abgekühlt, welche Feststoffpartikel im Reaktor zuvor abgekühlt worden sind.

Das finnische Patent 64997 beschreibt die Abkühlung von Heißgasen in zirkulierenden Wirbelschichtreaktoren. Hier werden Heißgase als Fluidisierungsgas in die Mischkammer des Reaktors eingeführt, wo die Gase wirksam abkühlen, wenn sie mit einer großen Menge von Feststoffpartikeln, d.h. Bettmaterial, in Kontakt kommen. Feststoffpartikel werden von der Gasströmung durch das Steigrohr in den oberen Bereich des Reaktors befördert, wo sie abgeschieden und anschließend zur Wirbelschicht in der Mischkammer zurückgeführt werden. In dem Steigrohr wird der Feststoffpartikel befördernde Gasstrom durch Wärmeübertragungsflächen abgekühlt.

Ein Nachteil des obenbeschriebenen Verfahrens liegt jedoch darin, daß die abzukühlenden Heißgase eine große Menge von Feststoffpartikeln fluidisieren müssen, wodurch der Energieverbrauch hoch ist. Des weiteren verursachen besonders die chlorhaltigen Gase in heißen Verhältnissen Korrosion, weshalb die Überhitzung von Dampf auf hohe Temperaturen durch die Wärmeübertragungsflächen des Steigrohrs im allgemeinen nicht möglich ist, während  $\text{SO}_3$ -haltige Gase Probleme mit den Wärmeübertragungsflächen bei niedrigen Temperaturen zur Folge haben können.

Bei dem obenbeschriebenen Verfahren hält man das Steigrohr für eine natürliche Stelle für die Wärmeübertragungsflächen, weil die Feststoff- und Gasströme darin schnell sind. Der Gasstrom kann jedoch Abnutzung der Wärmeübertragungsflächen im Steigrohr, besonders im unteren Bereich der im Steigrohr angeordneten

5 Wärmetauscher, verursachen. Die Abnutzung ist auf die hohe Aufschlaggeschwindigkeit des vom Gas mitgeführten Staubs gegen die Oberflächen zurückzuführen.

Die finnische Patentanmeldung 913416 (EP-A-467441 entsprechend und ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 bzw. 14

10 darstellend) beschreibt die Abkühlung heißen Prozeßgases bei stationärer Fluidisierung, d.h. einem sogenannten Brodelbett. Hier wird das in den Reaktor einfließende Heißgas mit Feststoffpartikeln als Überlauf vom Brodelbett versorgt. Das Gas und die von ihm mitgeführten Feststoffpartikel fließen in eine über dem Brodelbett angeordnete Staub-Auffangkammer, von wo dann Feststoffpartikel bei

15 Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit des Gases auf die Oberfläche des Brodelbetts zurückfallen. Das Brodelbett und das über der Staub-Auffangkammer angeordnete Gassteigrohr sind mit Wärmeübertragungsflächen versehen.

Bei der obenbeschriebenen Anordnung werden die auf die Oberfläche des Brodelbetts zurückgefallenen Partikel die Oberfläche entlang schnell zurück zur

20 Überlaufstelle befördert, wo sie unmittelbar zu Rückführung gelangen, die in der Staub-Auffangkammer endet. Somit entsteht oberhalb der Wirbelschicht eine getrennte "Oberflächenzirkulation" heißer Partikel. Diese Partikel kühlen nicht wirksam in der Wirbelschicht ab, weil die tiefer, nahe den Wärmeübertragungsflächen in der Wirbelschicht befindlichen Partikel sich nicht wirksam mit den in

25 der "Oberflächenzirkulation" vorhandenen Partikeln vermischen können.

Bei der Anordnung der FI-Patentanmeldung 913416, z.B. infolge des Effekts der oben erwähnten "Oberflächenzirkulation", wird eine ausreichend wirksame und schnelle Abkühlung von Gasen nicht erreicht. Auch entsteht im Gaseinlaßkanal keine so dichte Partikelsuspension, daß eine wirksame Abkühlung des Gases

30 möglich wäre. So kann in einigen Fällen das dem Reaktor zufließende Heißgas Verschmutzung und Verstopfung der Wärmeübertragungsflächen verursachen, wenn das Gas die Wärmeübertragungsflächen zu heiß anströmen kann. Falls das Heißgas nicht abkühlt, bevor es die Wärmeübertragungsflächen berührt, werden die Verunreinigungen entsprechend auf diesen Flächen kondensieren oder sich daran

35 festsetzen, nicht an den zirkulierenden Massepartikeln, wie es normalerweise

vorgesehen ist. Somit bietet der Stand der Technik viele Probleme, die einer Lösung bedürfen.

5 Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung im Vergleich zu den Obenbeschriebenen zur Abkühlung oder Nutzung von Heißgasen bei der Heißgasbehandlung von Feststoff vorzusehen.

Es ist im besonderen eine Aufgabe, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reduzierung des Stromverbrauchs und der Abnutzung der Wärmeübertragungsflächen vorzusehen.

10 Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzusehen, womit die vom Heißgas beim Abkühlen freigesetzte Wärmeenergie möglichst wirksam z.B. zur Erzeugung von überhitztem Dampf ohne ein wesentliches Korrosionsrisiko genutzt werden kann.

15 Es ist eine noch weitere Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur wesentlichen Reduzierung der Korrosion der Wärmeübertragungsflächen vorzusehen, die durch Bestandteile, wie etwa das im Gas enthaltene Chlor, verursacht wird, und somit die vom Heißgas beim Abkühlen freigesetzte Wärmeenergie wirksamer z.B. zur Erzeugung von überhitztem Dampf zu nutzen.

20 Es ist eine noch weitere Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur schnellen und wirksamen Abkühlung der Gase vorzusehen.

Die obigen Aufgaben werden der vorliegenden Erfindung zufolge durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 14 gelöst. Ausführliche Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen festgelegt.

25 Einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zufolge werden Feststoffpartikel vorzugsweise aus der Wirbelschicht durch die in ihrem unteren Bereich, in der Wand zwischen Mischkammer und der Wirbelschicht angeordnete Feststofföffnungen in den Heißgasstrom in der Mischkammer befördert. Infolge eines höheren statischen Drucks in der Wirbelschicht kann Feststoff veranlaßt werden, durch die Öffnungen automatisch in die heiße Mischkammer fließt, doch  
30 kann der Feststoffpartikelstrom auch durch Einführung von Fluidisierungsgas in die Öffnungen geregelt werden, wodurch das Fließen des Gases aus der Mischkammer zur Wirbelschicht gegen die Strömungsrichtung des Feststoffs verhindert wird. Auf diese Weise ist es möglich, den Feststoffpartikelstrom zu regeln.

Beim erfindungsgemäßen Reaktor wird Heißgas auf eine wesentlich niedrigere Temperatur unmittelbar an der Mischkammer durch Vermischung von abgekühlten Feststoffpartikeln mit dem Gas abgekühlt, wobei das Gas abkühlt und die Feststoffpartikel entsprechend erhitzt werden. Außer der Abkühlung von Gasen  
 5 kann die Erfindung in Prozessen eingesetzt werden, wo Feststoff erhitzt oder auf andere Weise mit Heißgasen behandelt wird, wie z.B. beim Erhitzen von Kalk mit Heißgasen.

Bei einem Reaktor gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann Gas auch dadurch abgekühlt werden, daß Mischkammer und Steigrohr aus  
 10 gekühlten Oberflächen konstruiert werden. Feststoffpartikel werden in einem Partikelabscheider aus dem Gas abgeschieden. Die Feststoffpartikel werden als dichte Suspension, bei Bedarf beinahe als Pfropfenströmung, über den Rückführkanal zurück zum unteren Bereich des Reaktors befördert. Im Rückführkanal sind vorzugsweise Wärmerückgewinnungsflächen zur Rückgewinnung der Wärme-  
 15 energie angeordnet, die von erhitzten Feststoffpartikeln freigesetzt wird. Der Erfindung zufolge werden Feststoffpartikel in die Mischkammer im unteren Bereich des Reaktors, in das abzukühlende Gas, zurückgeführt. Der Rückführkanal ist vorzugsweise mit Mitteln zur Leitung der zurückfließenden Feststoffpartikel zur Mischkammer und Wirbelschicht versehen.

20 Durch zweckentsprechende Regelung der zirkulierenden Feststoffströmung werden die Verstellbarkeit verbessert und die Reaktionsgeschwindigkeit des Prozesses gesteigert. Des weiteren hält die zirkulierende Wirbelschicht die Reaktorflächen rein, wodurch sichergestellt wird, daß keine Verstopfung entsteht, wobei die Abkühlung des Gases stets sicher ist, wenn die Abkühlung des Feststoffs  
 25 zuverlässig funktioniert.

Der Rückführkanal ist eine günstige Stelle für Wärmeübertragungsflächen, weil dort die Partikeldichte verhältnismäßig hoch ist, was in Anbetracht des Wärmeübergangs von Vorteil ist. Außerdem fließt in den Rückführkanal im wesentlichen kein geschmolzene oder kondensierende Bestandteile enthaltendes  
 30 Heißgas, das die Wärmeübertragungsflächen verstopfen könnten.

Wärmeübertragungsflächen können auch in der Wirbelschicht selbst angeordnet werden, wo die Strömung langsam und somit für die Dauerhaftigkeit der Wärmeübertragungsflächen günstig ist. Ferner kann der Wirbelschicht als Fluidisierungsgas für günstige Verhältnisse sorgendes Gas, z.B. inertes Gas, Luft, oder anderes,  
 35 nichtkorrodierende Substanzen enthaltendes Gas, zugeführt werden. Dank einer hohen Partikeldichte ist auch der Wärmetausch wirksam.



Das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung ergeben eine wirksame Vermischung von Feststoff und Heißgas und folglich einen wirksamen Wärmeübergang von den Gasen auf den Feststoff. Des weiteren sehen das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung eine einfache Anordnung zur Minimierung der Abnutzung der Wärmeübertragungsflächen im Gaskühler vor. Gleichzeitig  
 5 kann der Stromverbrauch im Vergleich zu anderen benutzten Anordnungen gesenkt werden. Zudem wird bei der erfindungsgemäßen Anordnung die von den Gasen freigesetzte Wärmeenergie gut, z.B. durch Erzeugung von überhitztem Dampf, genutzt.

10 Die Erfindung wird detaillierter beispielhaft, mit Verweis auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, wo

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung ist;

15 Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten erfindungsgemäßen Reaktorordnung ist; und

Fig. 3 eine schematische Seitenansicht des unteren Bereichs von Fig. 2 ist.

Fig. 1 stellt einen Reaktor 10 zur Abkühlung oder Nutzung von heißen Prozeßgasen dar. Der Reaktor 10 umfaßt in seinem unteren Bereich eine Kammer. Die Kammer hat einen offenen Oberteil und ist mit einem Brodelbett versehen.  
 20 Innerhalb der Kammer ist eine Mischkammer 12 vorgesehen, die einen offenen Oberteil hat und die im wesentlichen durch Wände 13 gebildet wird, die die Mischkammer 12 von der Wirbelschicht 11 trennen. Die Mischkammer hat einen sich nach oben erweiternden unteren Bereich, wo Heißgase eingeführt werden. Die Wände 13 der Mischkammer können aus Kühlpaneelen zur Rückgewinnung von  
 25 Wärme aufgebaut sein. Der Wirbelschichtreaktor kann entweder ringförmig oder rechteckig in Form sein. Im ersteren Fall umschließt die Wirbelschicht vorzugsweise die Mischkammer 12, und im letzteren Fall ist die Wirbelschicht 11 neben zumindest einer Wand 13 der rechteckigen Mischkammer angeordnet. Bei der Anordnung von Fig. 1 ist die Mischkammer von der Wirbelschicht umschlossen.

30 Über der Mischkammer 12 und teilweise über der Wirbelschicht 11 ist eine Vorabscheidekammer 30 arrangiert. Der Querschnitt des unteren Teils der Vorabscheidekammer ist größer als der Querschnitt der Mischkammer 12. Oberhalb der Vorabscheidekammer ist ein Steigrohr 14 angeordnet, das vorzugsweise durch Kühlpaneele 15 gebildet wird. Der obere Teil des Steigrohrs

ist mit Öffnungen 16 versehen, die das Steigrohr mit Partikelabscheidern 17 verbinden, die konstruktionsmäßig mit dem Steigrohr integriert sind.

Die Partikelabscheider 17 sind neben dem oberen Teil des Steigrohrs 14 angeordnet, wobei die Wände 15 des Steigrohrs vorzugsweise einen Teil der Wandfläche der Partikelabscheider bilden. Die Partikelabscheider sind vorzugsweise Zyklonabscheider, wo Gasauslässe 18 und eine Einlaßöffnung 16 eine Wirbelströmung 19 an jedem Auslaß bilden. Der untere Bereich 20 des Partikelabscheiders 17 steht mit einem Rückführkanal 21 in Verbindung, der Fig.1 zufolge Mittel 22 zur Aufteilung des Feststoffpartikelstroms in Teilströme umfaßt. Feststoffpartikel werden zur Mischkammer 12 zurückgeführt. Vorzugsweise verbindet der Rückführkanal 21 den Partikelabscheider auch mit der Wirbelschicht 11. Der Rückführkanal bildet vorzugsweise einen schlitzförmigen Kanal in Verbindung mit dem unteren Bereich des Steigrohrs, und die Wand 15 der Vorabscheidekammer 30 oder des Steigrohrs 14 bildet vorzugsweise eine Wand des Rückführkanals. Die Außenwand 23 des Partikelabscheiders, Außenwand 24 des Rückführkanals und Außenwand 25 der Wirbelschicht 11 können sämtlich ein und derselben Konstruktion, z.B. Membranpaneele, sein.

Der Rückführkanal 21 ist vorzugsweise mit Wärmeübertragungsflächen 26 versehen. Auch die Wirbelschicht 11 ist vorzugsweise mit Wärmeübertragungsflächen 27 versehen.

Der Reaktor funktioniert auf solche Weise, daß Heißgas in den unteren Bereich des Reaktors eingeführt wird, welches Heißgas mit abgekühlten Feststoffpartikeln in der, in der Mischkammer 12 arrangierten Wirbelschicht vermischt wird. Das Heißgas kühlt sehr schnell ab, indem es Wärmeenergie an die Feststoffpartikel abgibt, und erreicht in kurzer Zeit ein Temperaturniveau, wo die den Fortgang des Prozesses behindernden Bestandteile, wie Teere, sich nicht mehr auf den Prozeßablauf auswirken.

Das Gas und die von ihm mitgeführten Feststoffpartikel fließen als Suspension aufwärts in die Vorabscheidekammer 30. Der Querschnitt der Vorabscheidekammer ist größer als der der Mischkammer 12. Somit verliert ein Teil der von den Gasen mitgeführt nach oben fließenden Partikel seine Geschwindigkeit und beginnt, durch die Schwerkraft in die Wirbelschicht 11 zu fließen. Die Gas-suspension fließt durch das Steigrohr und weiter aus seinem oberen Teil über Öffnung 16 in den Partikelabscheider 17, wo Feststoffpartikel aus dem Gas abgetrennt werden. Gereinigte und abgekühlte Gase werden durch den Abzug 18

aus dem Reaktor herausgeleitet. Dem Bedarf entsprechend kann es einen oder mehr Partikelabscheider geben.

Die abgeschiedenen Feststoffpartikel können im Rückführkanal 21 durch die Schwerkraft abwärts fließen. Feststoffpartikel kühlen ab, wenn sie einen Teil ihrer Wärmeenergie im Wärmetauscher 26 oder an die (nicht dargestellten), in den Wänden der Reaktorkonstruktion angeordneten Wärmetauscher abgeben. Bei der Anordnung von Fig. 1 werden abgekühlte Feststoffpartikel zur Mischkammer 12 zurückgeführt, doch ein Teil der Feststoffpartikel kann vom Partikelabscheider 17 durch den Rückführkanal 21 auch in die Wirbelschicht 11 befördert werden.

In hinsicht auf den Wärmeübergang ausreichende Fluidisierung wird in der Wirbelschicht 11 aufrechterhalten, indem Fluidisierungsluft oder Fluidisierungsgas durch Mittel 31 in die Wirbelschicht geleitet wird. Günstige Verhältnisse für die Wärmeübertragungsflächen können in der Wirbelschicht zustande gebracht werden, indem z.B. ein geeignetes Fluidisierungsgas z.B. zur Eliminierung der korrodierenden Verhältnisse aus der Wirbelschicht gewählt wird. Beim Fluidisierungsgas kann es sich z.B. um inertes Gas, gereinigtes Prozeßgas oder Luft handeln. Die Feststoffpartikelmenge im Reaktor kann nach Bedarf durch Zugeben oder Entfernen von Partikeln geregelt werden. Aus dem unteren Bereich der Wirbelschicht 11 werden Feststoffpartikel durch in der Wand 13 angeordnete Mittel 28 in die Mischkammer 12 befördert. Die Förderkraft ist die zwischen Wirbelschicht 11 und Mischkammer 12 herrschende Druckdifferenz. Die Bewegung der Feststoffpartikel kann durch Zuführung von Gas zu den Mitteln 28 oder durch Fluidisierung des Betts geregelt werden, wodurch die Bewegung der Feststoffpartikel intensiviert wird. Die in die Mischkammer einfließenden Partikel werden unmittelbar mit der Wirbelschicht in der Mischkammer und auch mit dem Heißgas vermischt, und ein Teil der Partikel wird mit dem Heißgas aufwärts in das Steigrohr 14 befördert. Somit entsteht auch in der Mischkammer eine Wirbelschicht, die eine über dem Gaseinlaß erzeugte wesentlich vertikale Strömung der Suspension aus Gas und Partikeln und einen Partikelstrom umfaßt, der sich die Wände 13 der Mischkammer entlang parallel zu ihnen und Richtung Gaseinlaß bewegt.

Die in Fig. 1 dargestellte Anordnung, wo der Reaktor 10 und seine essentiellen Bestandteile von der Querschnittsfläche her entweder ringförmig oder rund sind, ermöglicht eine Ausführung, bei der die Reaktorkonstruktion quadratisch oder rechteckig ist. In dem Fall hat der Querschnitt der Mischkammer 12 für Heißgase die Form eines länglichen Schlitzes. Entsprechend hat der Querschnitt des

Steigrohrs 22 die Form eines Rechtecks, und die Wirbelschicht 11 ist in zwei Kammern arrangiert, die der gleichen Länge sind wie die wesentlich rechteckige Mischkammer 12 und die auf den beiden Seiten derselben angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform sind auch die Partikelabscheider 17 rechteckig in Querschnitt und parallel zum Steigrohr und auf beiden Seiten desselben angeordnet.

Fig. 2 und 3 stellen einen Reaktor 210 zur Abkühlung oder Nutzung heißer Prozeßgase dar. Der Reaktor 210 umfaßt in seinem unteren Bereich eine Kammer. Die Kammer hat einen offenen Oberteil und ist mit einem Brodelbett 211, 311, wie in der Seitenansicht von Fig. 3, versehen. Innerhalb der Kammer ist eine Mischkammer 212, 312 vorgesehen, die einen offenen Oberteil hat und die im wesentlichen durch die Wände 213, 313 begrenzt wird, die die Mischkammer 212, 312 von der Kammer 211, 311 trennen. Die Mischkammer hat einen sich nach oben erweiternden unteren Bereich, wo Heißgase eingeführt werden. Zur Rückgewinnung von Wärme können die Wände 213, 313 der Mischkammer aus Kühlpaneelen konstruiert sein. Der Wirbelschichtreaktor ist von der Form her winklig, und die Wirbelschicht 211, 311 ist vorzugsweise neben zumindest einer Wand 313 der rechteckigen Mischkammer arrangiert.

Der obere Bereich des Steigrohrs 214 ist mit einer Öffnung 216 versehen, die das Steigrohr mit dem konstruktionsmäßig mit dem Partikelabscheider 217 integrierten Steigrohr verbindet. Der Partikelabscheider 217 ist neben dem oberen Teil des Steigrohrs 214 angeordnet. Der unter Bereich 220 des Partikelabscheiders 217 steht mit einem Rückführkanal 221 in Verbindung, der Fig. 2 zufolge Mittel 222 zur Aufteilung der Feststoffpartikelstroms in Teilströme umfaßt. Feststoffpartikel werden zurück zur Mischkammer 212 geführt. Vorzugsweise verbindet der Rückführkanal 221 den Partikelabscheider auch mit der Wirbelschicht 211.

Der Rückführkanal 221 ist vorzugsweise mit Wärmeübertragungsflächen 226 versehen. Auch die Wirbelschicht 211 ist vorzugsweise mit Wärmeübertragungsflächen 226, 326 versehen. Der Erfindung zufolge kann die Gasmischkammer in Querschnitt rechteckig sein, in welcher Mischkammer zumindest zwei einander gegenüberliegende Wände von unten nach oben gesehen auswärts geneigt sind, wobei das Brodelbett vorzugsweise in einer länglichen Kammer angeordnet ist, die einen offenen Oberteil hat, und die neben der Mischkammer angeordnet ist. Die Mischkammer kann im wesentlichen durch vier Wände begrenzt werden, so daß die im wesentlichen vertikalen Wände der Mischkammer mit einem Einlaß/Einlässen für Feststoff versehen sind. Das Brodelbett ist vorzugsweise mit Mitteln 228 zur

Beförderung von Feststoffpartikeln aus dem Bett über Einlaßöffnungen in die Mischkammer versehen.

Der in Fig. 2 und 3 dargestellte Reaktor funktioniert auf die gleiche Weise wie der in Fig. 1 dargestellte Reaktor. Heißgas wird in den unteren Bereich des Reaktors eingeführt, welches Heißgas in der Mischkammer 212, 312 mit abgekühlten Feststoffpartikeln vermischt wird. Durch Freisetzen von Wärmeenergie an Feststoffpartikel kühlt das Heißgas sehr schnell ab und erreicht in kurzer Zeit ein Temperaturniveau, wo die den Fortgang des Prozesses behindernden Bestandteile, wie Teere, sich nicht mehr auf den Prozeßablauf auswirken.

Das Gas und die von ihm mitgeführten Feststoffpartikel fließen als Suspension aufwärts in den Vorabscheidebereich 231. Der Querschnitt des Vorabscheidebereichs ist größer als der der Mischkammer 212. Somit verliert ein Teil der von den Gasen mitgeführt nach oben fließenden Partikel seine Geschwindigkeit und beginnt, durch die Schwerkraft in die Wirbelschicht 211, 311 zu fließen. Die Gassuspension fließt durch das Steigrohr und aus seinem oberen Teil über Öffnung 216 weiter in den Partikelabscheider 217, wo Feststoffpartikel aus dem Gas abgeschieden werden. Gereinigte und abgekühlte Gase werden durch den Abzug 218 aus dem Reaktor herausgeleitet.

Die abgeschiedenen Feststoffpartikel können im Rückführkanal 221 durch die Schwerkraft abwärts fließen. Feststoffpartikel kühlen ab, wenn sie einen Teil ihrer Wärmeenergie im Wärmetauscher 226 oder an die (nicht dargestellten), in den Wänden der Reaktorkonstruktion angeordneten Wärmetauscher abgeben. Bei der Anordnung von Fig. 2 und 3 werden abgekühlte Feststoffpartikel zur Mischkammer 212 zurückgeführt, doch ein Teil der Feststoffpartikel kann vom Partikelabscheider 217 im Rückführkanal 221, von den Mitteln 222 geleitet, auch in die Wirbelschicht 211, 311 befördert werden. Feststoff wird aus dem Rückführkanal in die Wirbelschicht über Öffnung 330 und in die Mischkammer über Öffnung 229, 329 eingeführt, welche Öffnungen hier der Einfachheit halber rund dargestellt sind.

Eine angesichts des Wärmeübergangs ausreichende Fluidisierung wird in der Wirbelschicht 211 aufrechterhalten, indem Fluidisierungsluft oder Fluidisierungsgas durch Mittel 327 in die Wirbelschicht geleitet wird. Aus dem unteren Teil der Wirbelschicht 211, 311 werden Feststoffpartikel durch in der Wand 213, 313 angeordnete Mittel 328 in die Mischkammer 312 befördert. Ein Teil der Feststoffpartikel kann dem Prozeß durch Mittel 331 entnommen werden. Neues Material wird dann in den Prozeß, z.B. in den (nicht dargestellten) Rückführkanal eingebracht. Die Förderkraft bei Leitung der Feststoffpartikel in die Mischkammer

- 312 ist vorzugsweise die zwischen Wirbelschicht 211, 311 und Mischkammer 212, 312 herrschende Druckdifferenz. Die Mittel 328 dienen vorzugsweise als Regelorgan für den Feststoffstrom und als Gasverschluß, der das Fließen des Gases aus der Mischkammer in die Wirbelschicht verhindert. Die in die Mischkammer
- 5 hineinfließenden Partikel werden dort unmittelbar mit der Wirbelschicht vermischt, in die Heißgas eingeführt wird. Aus der Mischkammer werden die Partikel mit dem Heißgas aufwärts in die Vorabscheidkammer 231 und ein Teil der Partikel weiter in das Steigrohr 214 befördert.
- Die Wirbelschicht kann auch in mehrere getrennte Betten, d.h. Teilbetten,
- 10 unterteilt sein, wobei man in verschiedenen Teilbetten bei verschiedenen Temperaturen operieren kann. Demzufolge kann ein Teilbett z.B. eine Überhitzerfläche und eine hohe Bett-Temperatur, z.B. 600 °C, und ein anderes z.B. eine Verdampferfläche und eine niedrigere Bett-Temperatur, z.B., 350 °C, aufweisen.
- Das Steigrohr ist vorzugsweise so angeordnet, daß sein freier Strömungs-
- 15 querschnitt kleiner als der der Vorabscheidkammer ist. Dieses kann einfach dadurch erreicht werden, daß der Querschnitt des Strömungskanals kleiner als der der Vorabscheidkammer ausgeführt wird oder alternativ dadurch, daß das Steigrohr mit Wärmeübertragungsflächen 232 versehen wird, die im Kanal Platz beanspruchen, wodurch der wirkliche Strömungsquerschnitt kleiner wird.
- 20 Das Steigrohr 14, 214 kann auch als sogenanntes Rauchrohr konstruiert sein, wo die Suspension aus Gas und Partikeln in wesentlich vertikalen Kanälen oder Rohren fließt, die von einem Wärmeträger, wie z.B. Luft, umschlossen sind.
- Die Erfindung soll nicht auf die obenbeschriebenen Beispiele beschränkt werden, sondern sie soll im Gegenteil auf verschiedene Modifikationen im Schutzzumfang
- 25 der Erfindung angewandt werden, der durch die beigefügten Ansprüche festgelegt wird.

## Ansprüche

1. Verfahren zur Abkühlung von Heißgas in einem Reaktor (10, 210), versehen mit einem Heißgaseinlaßkanal und einer Kammer, die ein Brodelbett (11, 211, 311) einschließt, im unteren Bereich des Reaktors, einer Vorabscheidekammer (30);  
5 einem Steigrohr (14, 214), und einem Gasauslaß (18, 218) im oberen Bereich des Reaktors, wobei
- Heißgas durch den Heißgaseinlaßkanal in den unteren Bereich des Reaktors eingeführt wird,
  - Feststoffpartikel aus dem Brodelbett (11, 211, 311) in das Heißgas eingeführt  
10 werden, das zur Abkühlung desselben durch den Heißgaseinlaßkanal eingeführt wird,
  - Feststoffpartikel aus dem abgekühlten, feststoffhaltigen Gas in der Vorabscheidekammer (30) abgeschieden und abgeschiedene Feststoffpartikel zum Brodelbett (11, 211, 311) zurückgeführt werden,
  - 15 - Wärme im Brodelbett (11, 211, 311) aus den Feststoffpartikeln zurückgewonnen wird,
  - abgekühltes, feststoffhaltiges Gas veranlaßt wird, aus der Vorabscheidekammer (30) durch das Steigrohr (14, 214) in den oberen Bereich des Reaktors zu fließen,
  - vom abgekühlten, feststoffhaltigen Gas mitgeführte Feststoffpartikel, die in den  
20 oberen Bereich des Reaktors geflossen sind, in einem, in betrieblicher Verbindung mit dem oberen Bereich des Reaktors angeordneten Partikelabscheider (17, 217) aus dem Gas abgeschieden werden und durch einen Rückführkanal (21, 221) dem unteren Bereich des Reaktors wieder zugeführt werden, und
  - abgekühltes Gas aus dem oberen Bereich des Reaktors über den Gasabzug (18,  
25 218) abgeleitet wird,
- dadurch **gekennzeichnet**, daß das Heißgas durch den Heißgaseinlaßkanal in eine, in einer Mischkammer (12) im unteren Bereich des Reaktors über dem Heißgaseinlaß aufrechterhaltene Wirbelschicht eingeführt wird, wobei das Heißgas mit abgekühlten Feststoffpartikeln in der Wirbelschicht in der Mischkammer (12)  
30 vermischt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Temperatur der in der Mischkammer (12, 212, 312) aufrechterhaltenen Wirbelschicht auf ein

niedrigeres Niveau als die Temperatur des Heißgases eingeregelt wird, das die in die Mischkammer eingeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Temperatur der in der Mischkammer (12, 212, 312) aufrechterhaltenen Wirbelschicht auf ein  
5 niedrigeres Niveau als die Temperatur des Heißgases eingeregelt wird, indem Feststoffpartikel mit einer Temperatur unter der der Wirbelschicht in die Wirbelschicht eingeführt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß im Partikelabscheider (17, 217) abgeschiedene Feststoffpartikel abgekühlt und durch einen  
10 Rückführkanal (21, 211) in die, in Verbindung mit dem Heißgaseinlaßkanal angeordnete Mischkammer (12, 212, 312) zurückführt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein Gasstrom aus dem Steigrohr (14, 214) in zumindest einen Partikelabscheider befördert wird, von wo abgeschiedene Feststoffpartikel über einen Rückführkanal zurückgeführt  
15 werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß Feststoffpartikel aus dem unteren Bereich der Wirbelschicht in das Heißgas eingeführt, das durch den Heißgaseinlaß durch Mittel eingeführt wird, die in einer Wand zwischen Brodelbett (11, 211, 311) und Mischkammer (12, 212, 312), angeordnet sind.
- 20 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Mittel als Gasverschluß und/oder Regelorgan für den Feststoffpartikelstrom dienen.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß Feststoffpartikel auf Wärmeübertragungsflächen abgekühlt werden, die im Rückführkanal (21, 221) angeordnet sind.
- 25 9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß Feststoffpartikel auf Wärmeübertragungsflächen im Brodelbett (11, 211, 311) abgekühlt werden.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Feststoffpartikel enthaltende Gas auf den Wärmeübertragungsflächen des Steigrohrs abgekühlt wird.
- 30 11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Feststoffpartikel enthaltende Gas auf den Wärmeübertragungsflächen der Wandkonstruktion der Mischkammer abgekühlt wird.



12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Heißgas in die Mischkammer des Reaktors solcherart eingeführt, daß in der Mischkammer eine Wirbelschicht gebildet wird, welche Wirbelschicht eine wesentlich vertikale, über dem Gaseinlaß erzeugte Strömung der Suspension aus Gas und Partikeln, und einen Partikelstrom umfaßt, der die Wände der Mischkammer entlang parallel dazu fließt.
13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein Teil der im Partikelabscheider abgeschiedenen Feststoffpartikel zurück zur Wirbelschicht geführt wird.
14. Vorrichtung zur Abkühlung von Heißgasen in einem Reaktor (10, 210), versehen mit
- einem Heißgaseinlaßkanal,
  - einer Kammer, die ein Brodelbett (11, 211, 311) im unteren Bereich des Reaktors einschließt,
  - einer Vorabscheidekammer (30, 230) über dem Brodelbett,
  - Wärmeübertragungsflächen (27, 227), die im Brodelbett angeordnet sind,
  - einem Steigrohr (14, 214) im mittleren Bereich,
  - einem Gasabzug (18, 218) im oberen Bereich des Reaktors,
  - zumindest einem Partikelabscheider (17, 217) und
  - zumindest einem Rückführkanal (21, 221) zur Rückführung von im Partikelabscheider (17, 217) abgeschiedenen Partikeln zum unteren Bereich des Reaktors,
- dadurch **gekennzeichnet**, daß der Reaktor ferner besteht aus
- einer Mischkammer (12, 212), die im unteren Bereich des Reaktors über dem Heißgaseinlaßkanal angeordnet ist und eine darin aufrechterhaltene Wirbelschicht aufweist zur Vermischung des durch den Heißgaseinlaßkanal eingeführten Heißgases mit Feststoff.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß es Mittel (28, 328) zur Beförderung von Feststoffpartikeln aus dem unteren Teil des Brodelbetts (11, 211, 311) in die Mischkammer (12, 212, 312) umfaßt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß sich der Querschnitt der Mischkammer (12, 212, 312) zumindest teilweise nach oben erweitert.
- 5 17. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Mischkammer konisch ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß der obere Bereich der mit dem Brodelbett (11) versehenen Kammer die Form eines offenen Behälters hat.
- 10 19. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Brodelbett (11) in einer ringförmigen Kammer angeordnet ist, die die Mischkammer einschließt.
20. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Rückführkanal (21) für Feststoff einen schmalen schlitzförmigen Raum bildet.
- 15 21. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Rückführkanal (21) konstruktionsmäßig mit dem Steigrohr integriert ist, so daß die Steigrohrwand einen Teil der Rückführkanalwand bildet.
22. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Rückführkanal mit Wärmeübertragungsflächen (26) versehen ist.
- 20 23. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Rückführkanal mit Mitteln (22, 222) zur Beförderung von Feststoff entweder in die Mischkammer oder das Brodelbett versehen ist.
- 25 24. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Mischkammer (312) in Form rechteckig ist, in welcher Mischkammer zumindest eine der zwei einander gegenüberliegenden Wände von unten nach oben gesehen auswärts geneigt ist, und daß das Brodelbett (311) in einer länglichen Kammer angeordnet ist, die einen offenen Oberteil hat, und die neben der Mischkammer angeordnet ist.
25. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Brodelbett mit gasverstellten Mitteln (28, 228, 328) zur Beförderung von Feststoffpartikeln aus dem Bett durch die Öffnungen in die Mischkammer versehen ist.
- 30 26. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Wand zwischen Wirbelschicht und Mischkammer eine Wärmeübertragungsfläche zur Rückgewinnung von Wärme aus den Heißgasen umfaßt.

10.05.99

27. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Partikelabscheider (17, 217) im oberen Bereich des Steigrohrs (14) angeordnet ist und durch eine gemeinsame Wand-(15)Konstruktion mit dem Steigrohr verbunden ist.

18.05.99

94 109 724.8<sup>2</sup>

1/2

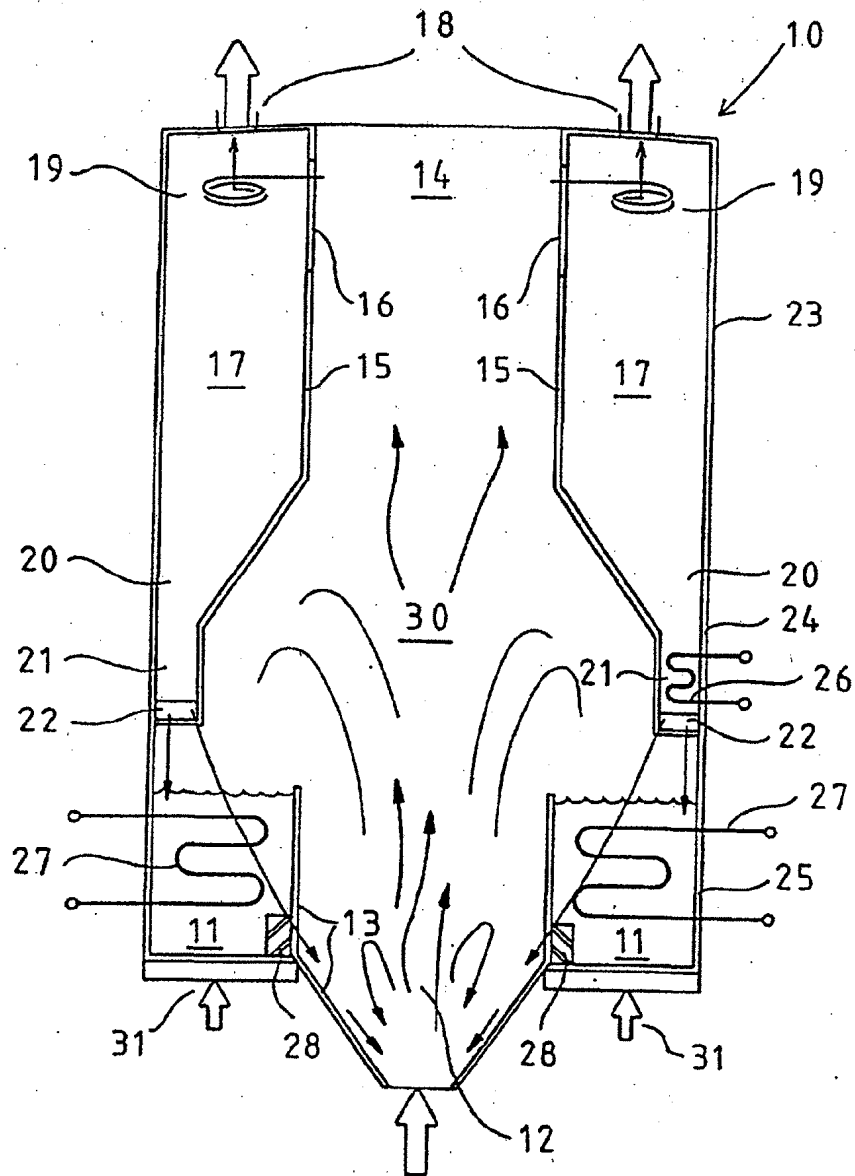


FIG. 1

18.05.99  
2/2

23

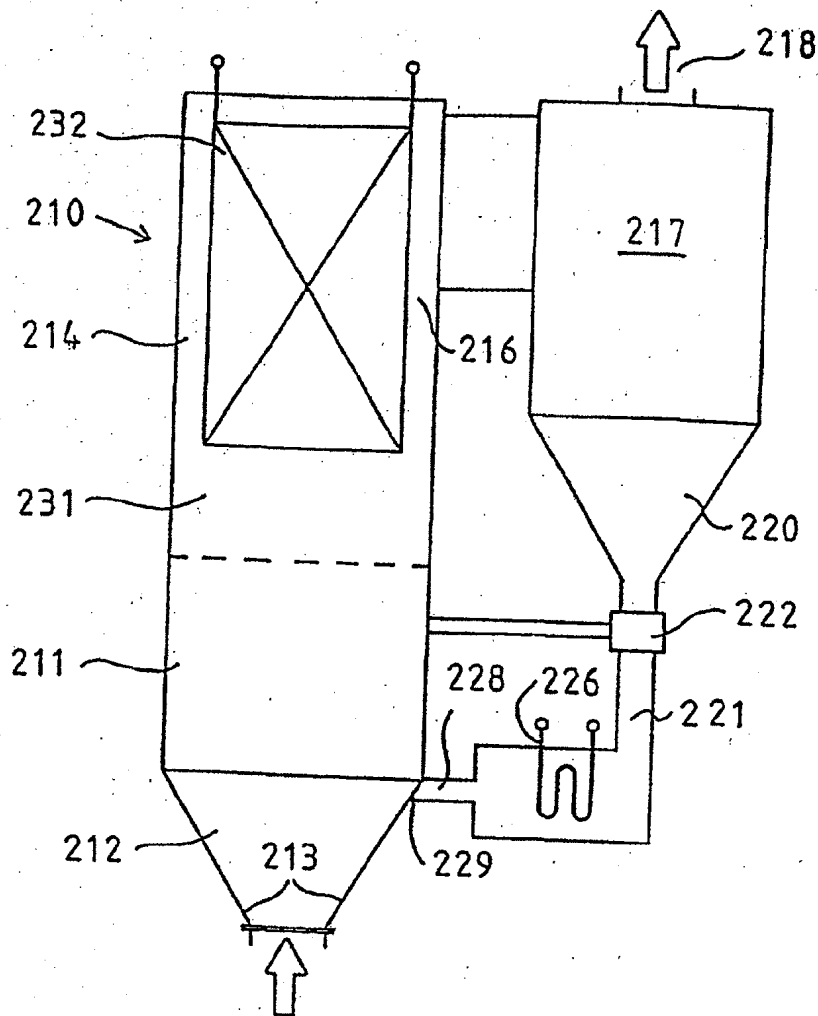


FIG. 2

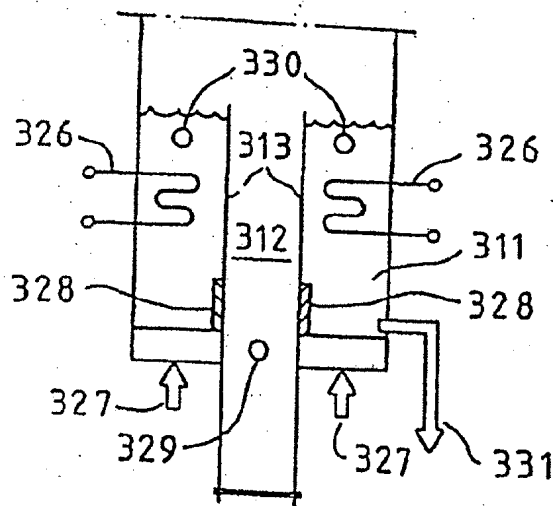


FIG. 3